

# ***Verteilte Systeme***

## **1. Paradigmenwechsel für Softwarelösungen durch Verteilung**

### 1.1 Motivation durch Beispiele aus der Praxis

Sebastian Iwanowski  
FH Wedel

# Verteilte Systeme

## Inhaltliche Voraussetzungen:

Programmieren mit Java

Objektorientierte Programmierung, XML-Kenntnisse

Vorlesung Rechnernetze (Grundlagen)

## Lernziele dieser Vorlesung:

Paradigmenwechsel:

Verständnis für **verteilte** Daten, Algorithmen und Softwarearchitekturen  
(als Alternative zur zentralistischen Denkweise)

Softwaretechnik:

Nebenläufigkeit, Entfernte Aufrufe, Objektmigration

Serviceorientierte Softwarearchitektur:

Motivation, Grundlagen und Anwendung durch Web Services

Kennenlernen geeigneter Beispiele aus der Praxis

# Verteilte Systeme: Vorlesungsinhalte

1. Paradigmenwechsel für Softwarelösungen durch Verteilung
  - 1.1 Motivation durch Beispiele aus der Praxis
  - 1.2 Allgemeine Anforderungen und Techniken verteilter Systeme
  - 1.3. Pheromonbasierte Verkehrssteuerung als Beispiel für einen verteilten Ansatz
  
2. Die Client-Server-Beziehung und daraus resultierende Techniken
  - 2.1 Grundlagen der Client-Server-Beziehung
  - 2.2 Nebenläufigkeitstechniken in Java
  - 2.3 Entfernte Aufrufe
  - 2.4 Objektmigration
  
3. Dienstevermittlung

# Was ist ein verteiltes System ?

**Eine Einführung durch Anwendungsbeispiele**

**als Anregung für Seminarvorträge**

**für Softwareprojekte**

**für Abschlussarbeiten**

**für Geschäftsideen**

**für ...**

# **Folgende Beispiele werden vorgestellt:**

- 1. Personalisierte dynamische Fahrgastinformation**
- 2. Marktbasierte Verkehrsleitung**
- 3. Pheromonbasierte Verkehrsleitung**
- 4. Verteiltes Touristeninformationssystem**

***Beispiel 1:***

***Personalisierte dynamische Fahrgastinformation***

***Masterarbeit von Michael Schiefenhövel (WS 2005/2006)***



# Statische Fahrgastinformation

## Grundlage: Langzeitfahrplan

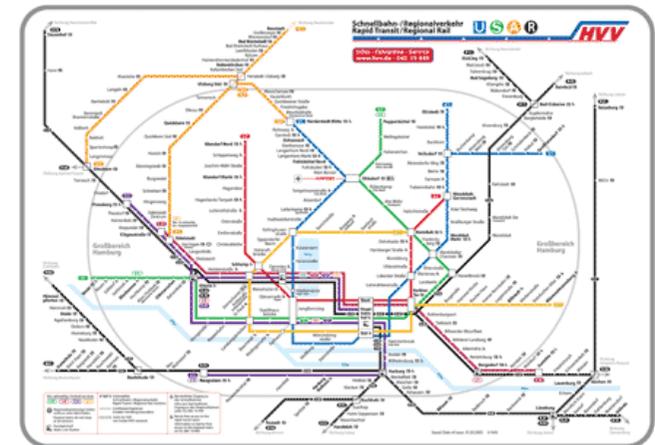
- Änderung zyklisch (Deutsche Bahn ca. einmal im Jahr)
- Anpassungen bei früh bekannten Störungen

## Keine Information bei kurzfristigen Abweichungen

- Fahrgast erfährt Abweichung durch Nicht-Eintreffen des Fahrzeugs
- Bestimmung des Ausmaßes durch Warten

## Statische Fahrgastinformationsmedien

- Fahrplan an Haltestellen
- Linienverlaufsanzeiger
- Routeninformation im Internet
- ...



# Dynamische Fahrgastinformation

## Grundlage: Statische Fahrgastinformation

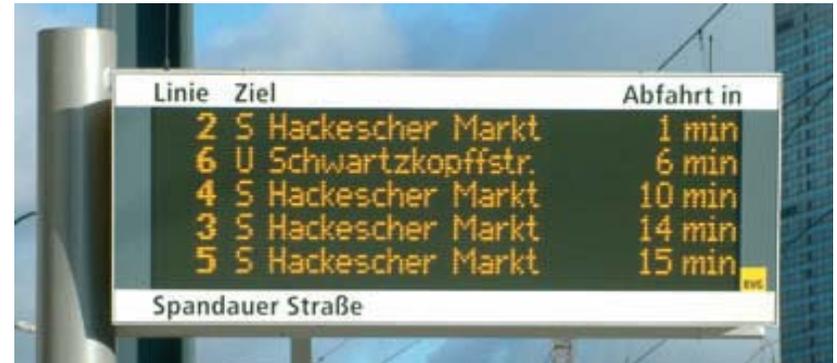
- Erweitert um aktuelle Verbindungslage

## Information bei kurzfristigen Abweichungen

- Ursache für Abweichungen
- Abweichungsumfang
- Ersatzrouten

## Dynamische Fahrgastinformationsmedien

- Lautsprecherdurchsagen
- Dynamische Anzeigegeräte
- ...



Linie	Ziel	Abfahrt in
2	S Hackescher Markt	1 min
6	U Schwartzkopffstr.	6 min
4	S Hackescher Markt	10 min
3	S Hackescher Markt	14 min
5	S Hackescher Markt	15 min

Spandauer Straße



# Personalisierte dynamische Fahrgastinformation (PDFIS)

## Filterung von Informationen für den Fahrgast

- nur die Informationen, die er benötigt
- keine verwirrenden Mehrinformationen
- sowohl statische als auch dynamische FG-Informationen

## Erstellung von Mehrwertdiensten

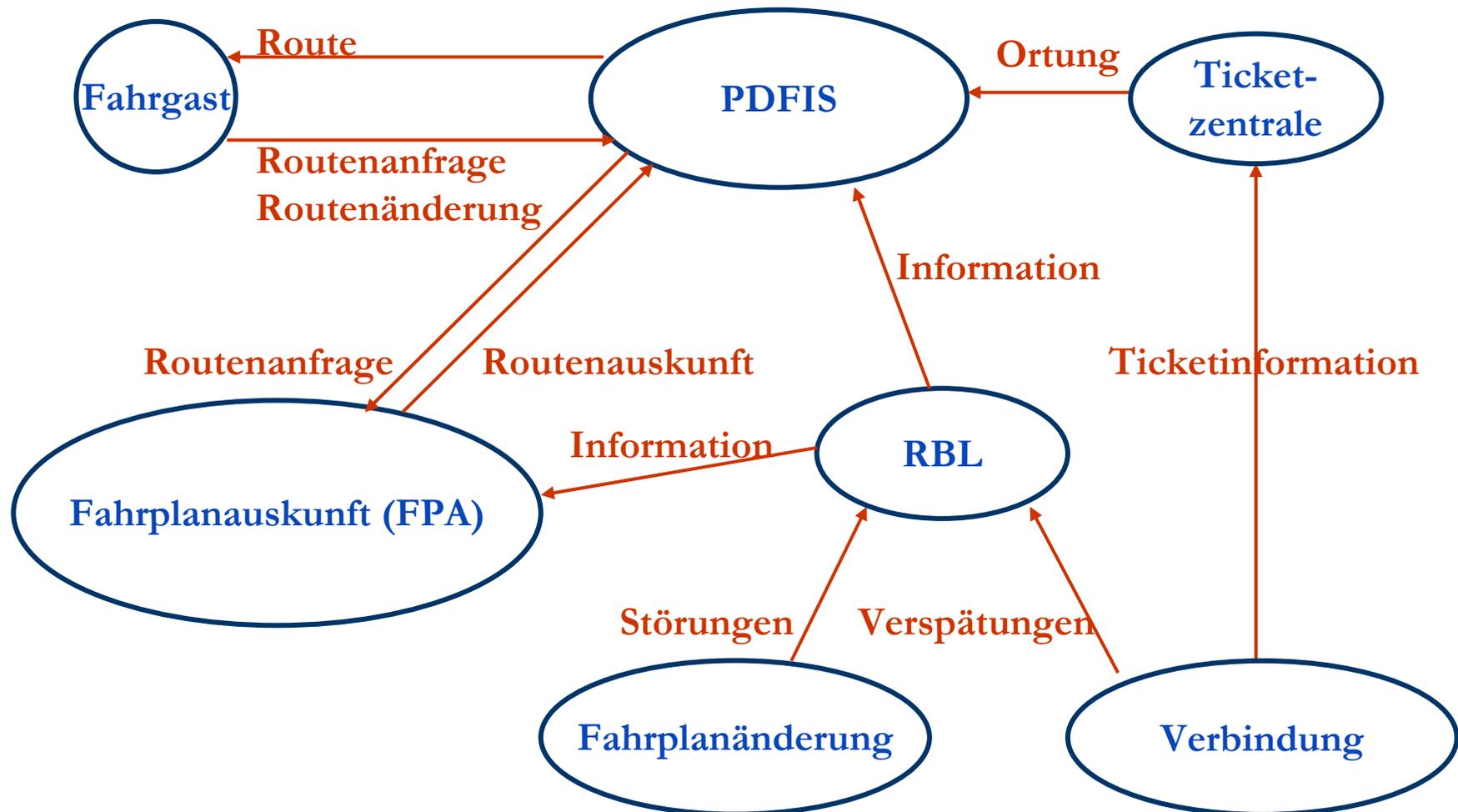
- Routenberechnung aktualisiert an konkrete Lage
- Touristeninformation

## Personalisierte Fahrgastinformationsmedien

- Persönliche Auskunft (über Handy, etc.)
- Multimediaterminals

# Personalisierte dynamische Fahrgastinformation (PDFIS)

## Einbindung in das Gesamtsystem



# Personalisierte dynamische Fahrgastinformation (PDFIS)

## Erweiterungsmöglichkeiten:

Wechsel des Kommunikationsmediums

- Büro: e-mail auf Computer
- Unterwegs: SMS auf Handy

Zeitungebundene Begleitung

- Erfordert flexiblere Auskunft des ÖPV-Anbieters

Bewertung und Realisierung der Anschlusssicherung

- Warten bei vielen Anschlussfahrgästen
- Abfahrt bei wenig Anschlussfahrgästen

Vision:

- Wechsel zwischen verschiedenen ÖPV Anbietern
- Wechsel zwischen ÖPV und Individualverkehr (intermodales Routen)

## ***Beispiel 2:***

# ***Marktbasierte Verkehrsleitung***

### ***Forschungsprojekte bei DaimlerChrysler (1996-2002)***

***Patent DE 199 63 590:***

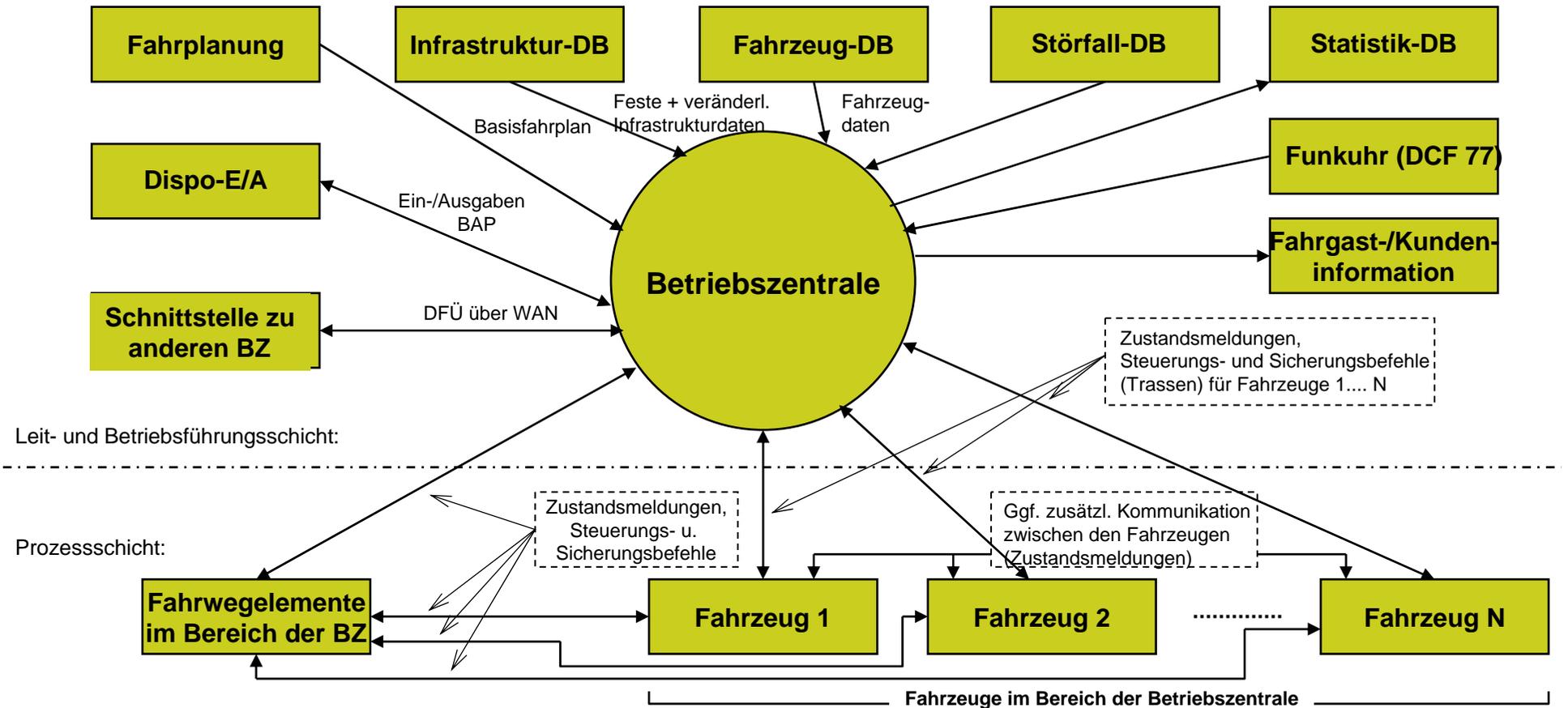
***Verfahren zur Steuerung von Transporteinheiten in einem Verkehrsnetz***

***Patentanmeldung DE 100 55 874:***

***Verfahren zur Steuerung des Straßenverkehrs durch elektronische Verhandlungen***

# Schieneverkehr: Problemstellung

## Kommunikations-Infrastruktur im modernen Schienenverkehr:



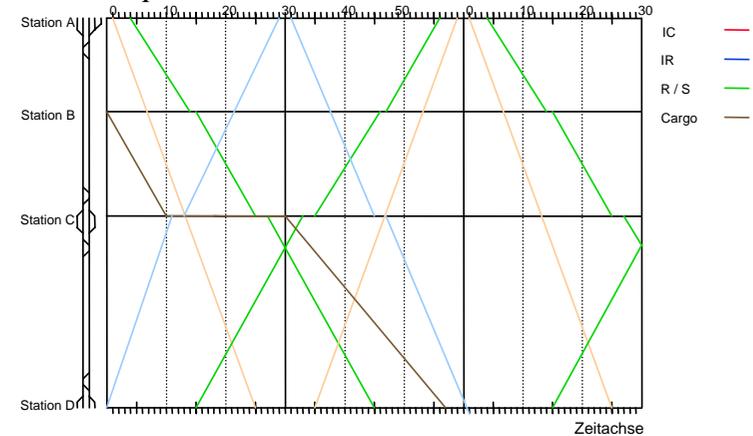
# Schienenverkehr: Problemstellung

Welcher Zug darf wann auf welchem Streckenelement fahren ?

## Dispositionsebene:

Koordinierung aller Züge  
über alle Streckenelemente

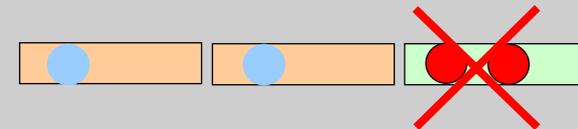
Graphische Fahrplankonstruktion



## Sicherungssebene:

Absicherung eines Streckenelements:  
Nur 1 Zug zur gleichen Zeit

wird hier nicht verändert



Blockungsprinzip

ortsfeste Signalisierung

Zugbeeinflussungssysteme

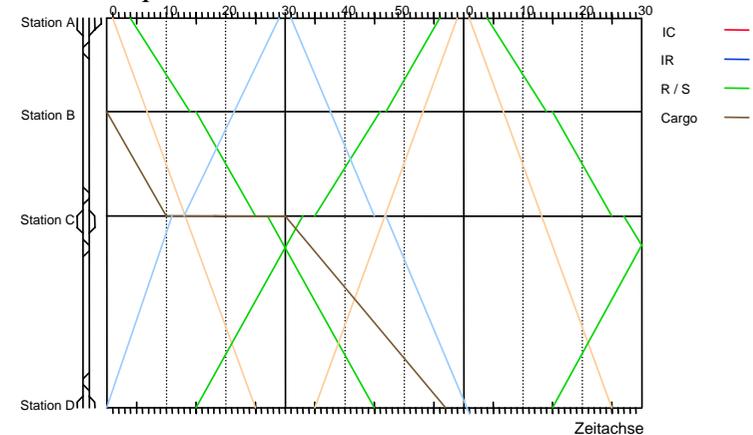
# Schienenverkehr: Problemstellung

Welcher Zug darf wann auf welchem Streckenelement fahren ?

Dispositionsebene:

Koordinierung aller Züge  
über alle Streckenelemente

Graphische Fahrplankonstruktion



Stand der Technik: Fahrpläne und Routenführungen werden in Zentrale vorausgeplant

Weichen werden zentral gestellt

**Problem:**

**unflexibel gegenüber**

- **unvorhersehbaren spontanen Änderungen ("Störungen")**
- **spontane Bedarfsänderung**

# Schienenverkehr: Lösung

**Weg von der zentralen Steuerung !**

**Alternative: Züge stellen sich selbst alle Weichen**

**Züge handeln sich untereinander freie Belegungen aus**

**bereits realisiert: Straßenbahnen durch Menschen  
(mit elektronischer Unterstützung)**

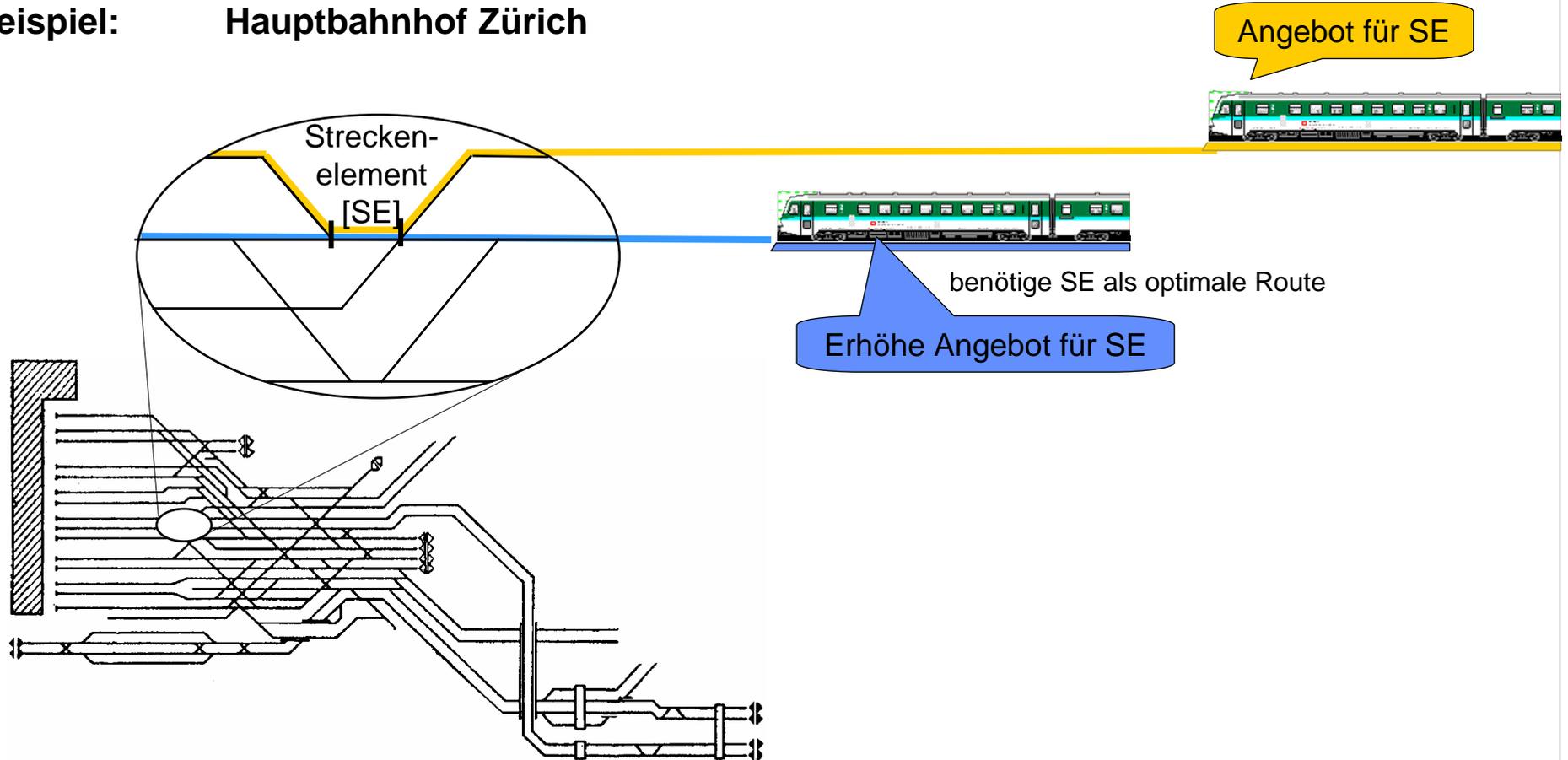
**neues Konzept für: Fernverkehr durch autonome Softwareeinheiten**

- **Züge mit Fahrplan hauptsächlich Personenverkehr**
- **Züge ohne Fahrplan hauptsächlich Güterverkehr**

# Schiienenverkehr: Lösung

Verhandlungsmethode: Elektronische Auktion

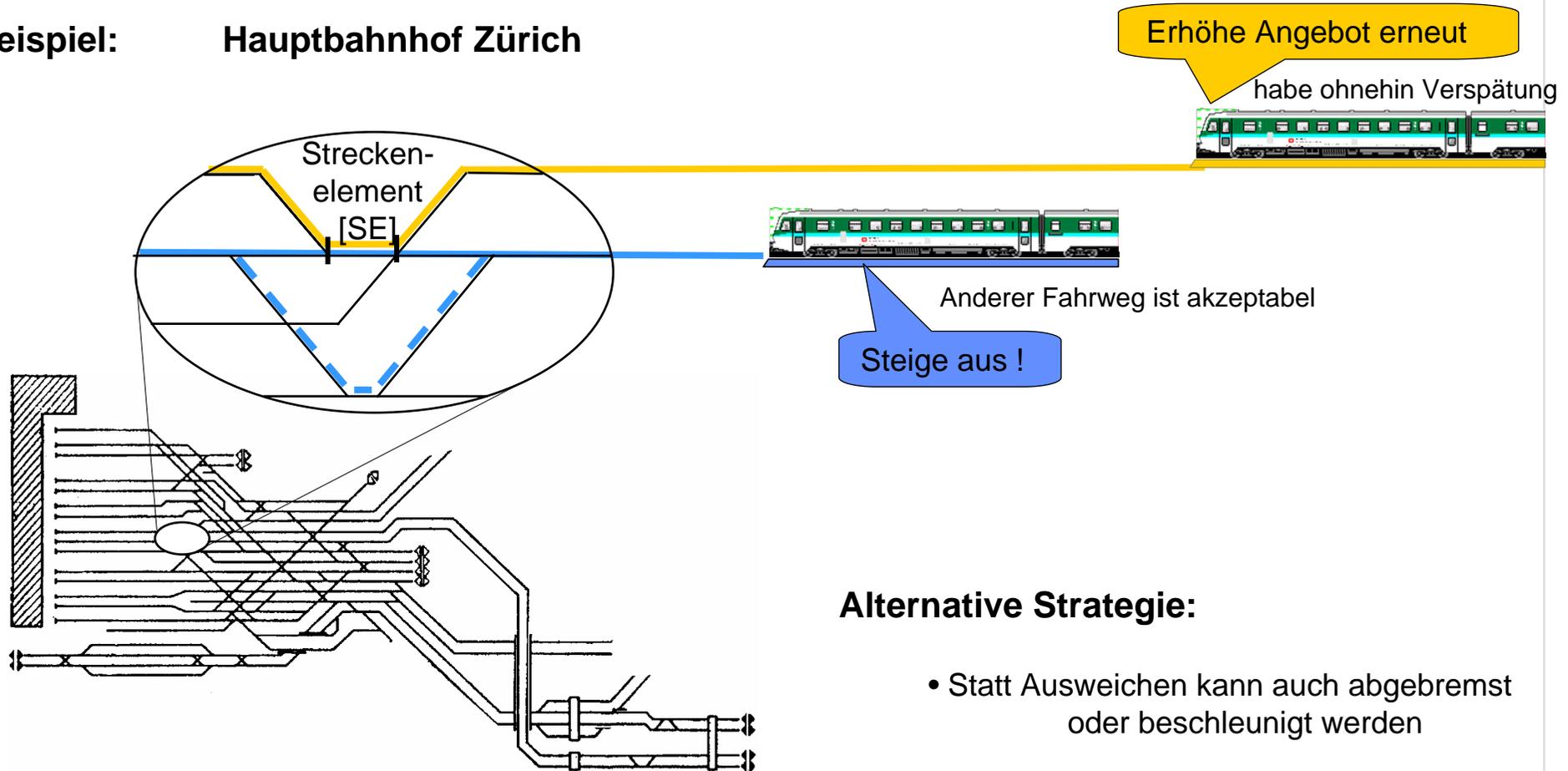
Beispiel: Hauptbahnhof Zürich



# Schiienenverkehr: Lösung

Verhandlungsmethode: Elektronische Auktion

Beispiel: Hauptbahnhof Zürich



## Alternative Strategie:

- Statt Ausweichen kann auch abgebremst oder beschleunigt werden

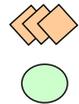
# Schienenverkehr: Lösung

Verhandlungsmethode: **Elektronische Auktion**

Verhandlungsobjekte:

**Kombinationen von Zeitscheiben  
aufeinander folgender Streckenelemente**

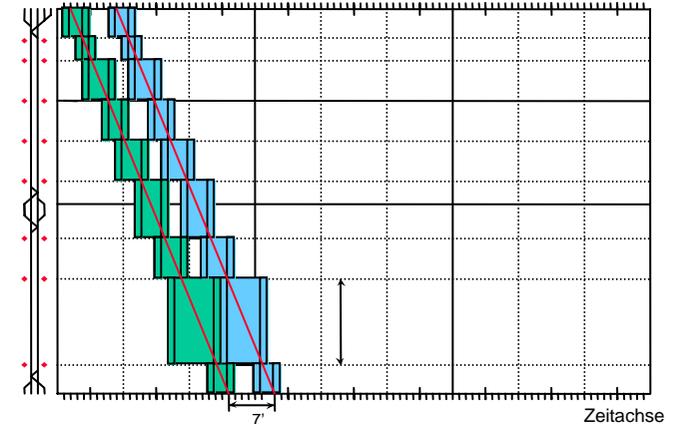
Beteiligte Parteien:



Zugsteuerungs-Agenten, die direkt oder indirekt von einer Störung betroffen sind



Agenten der Betriebszentralen als Auktionatoren



Versteigerungsstrategie:



Ersteigern einer Kombination von Zeitscheiben auf solchen Streckenelementen, die zusammen einen gültigen Fahrweg ergeben



Versorgen möglichst vieler Bieter mit einem gültigen Fahrweg

**Details: Dissertation von Guido Matylis (DaimlerChrysler) an der TU Dresden**

# Vergleich Straßenverkehr - Schienenverkehr

## Was ist anders bei Straßenfahrzeugen ?

- Fahrzeuge können nicht gezwungen werden, auf ein Streckenelement zu verzichten
- strikte Trennung zwischen Netzbetreiber und Fahrzeugbetreiber
- mehrere Fahrzeuge zur gleichen Zeit pro Streckenelement zugelassen
- Vielzahl alternativer Routen möglich

# Straßenverkehr: Problemstellung

## Dynamische Zielführung im Straßenverkehr

### Auf dem Markt befindliche dynamische Zielführungssysteme

- machen mehrere Routenvorschläge,  
die die aktuelle Verkehrslage berücksichtigen
- geben jedem Autofahrer mit gleichem Start und Ziel  
zur selben Zeit die gleichen Vorschläge

**Was passiert, wenn viele Autos solch ein  
dynamisches Navigationssystem haben ?**

# Straßenverkehr: Problemstellung

## Problem

Störungen verlagern sich von einer Stelle zur anderen,  
weil alle Autofahrer ihr auf die gleiche Weise ausweichen

## Lösungsidee

Koordiniere die Autofahrer  
und mache unterschiedliche Vorschläge

## Problem

Autofahrer lassen sich ungern bevormunden

## Lösungsidee

Lass die Autofahrer Einfluss nehmen auf die Vorschläge  
durch Priorisierungen und unterschiedliche Wichtungen

# Straßenverkehr: Lösungskonzept

## Auktionsbasierte Verkehrssteuerung

Straßennetz ist unterteilt in Streckensegmente mit vorgesehener Höchstbelegung von Fahrzeugen zur selben Zeit

Die Benutzungsrechte für Streckensegmente für bestimmte Zeitintervalle werden an die Fahrzeuge in periodischen Auktionsrunden versteigert. Hierfür erhalten die Fahrzeuge periodisch ein *virtuelles Budget* („Spielgeld“).

Die Versteigerung wird auf Fahrzeugseite durch individualisierte Softwarekomponenten vorgenommen. Die Kommunikation mit der Versteigerungszentrale erfolgt automatisch ohne die Notwendigkeit einer Fahrerinteraktion.

**Damit ist die Verkehrssteuerung primär ein Softwareproblem**

# Demonstration 1999 mit einem vorhandenen Verkehrssimulator

## Verkehrssimulator

(war bereits vorhanden)

- Verkehrssimulation für verschiedene Fahrertypen und Verkehrssituationen
- Routenberechnung unter Berücksichtigung der aktuellen Verkehrssituation

## Auktionsbasiertes Verfahren für individuelle Routenempfehlungen (AVIR)

(war noch zu implementieren)

- Definition eines neuen Fahrertyps „auktionsbasiert“ für den Verkehrssimulator
- Eigenständige Steuerung der auktionsbasierten Fahrzeuge
- Durchführung der elektronischen Auktionen
- Einspeisung der Ergebnisse in den Verkehrssimulator

# Implementierungsdetails

Vorhandener Verkehrssimulator

→ lief auf Einzelrechner unter Betriebssystem Unix

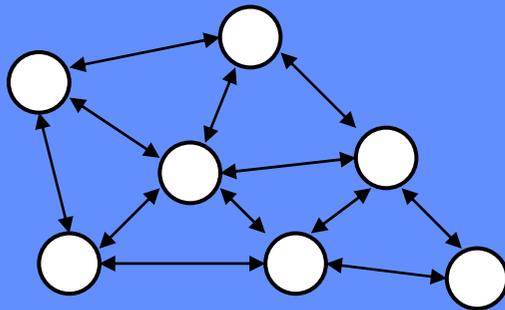
TCP/IP-Schnittstelle

→ sollte auf verteilten Rechnern mit beliebigem Betriebssystem laufen

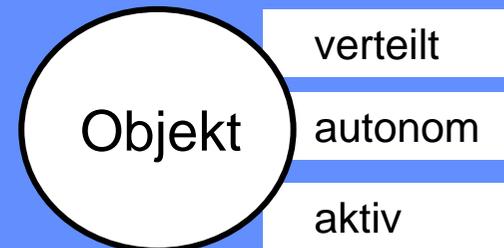
Java mit agentenorientierter Erweiterung (Eigenprodukt)

**AVIR**

Multiagentensystem:



Softwareagent:



# Market-Based Traffic Coordination

## Concept

Auction Based Traffic Control (ABTC)

(AVIR)

for each vehicle:

Vehicle Agent

- knows individual strategies of driver
- communicates automatically with traffic control center
- may get new instructions from driver at any time

for traffic control center:

Route Planner

- knows current traffic conditions
- accepts queries for routes from start to end and answers with several routes
- communicates impartial route properties

Segment Auctioneer

- distributes rights for segment usage via auctions

**Basic Concept**

Road Pricing

Toll-free Roads

Extended Concept

Summary

Practical issues

# Market-Based Traffic Coordination

## Concept

Auction Based Traffic Control (ABTC)

### **Basic Concept**

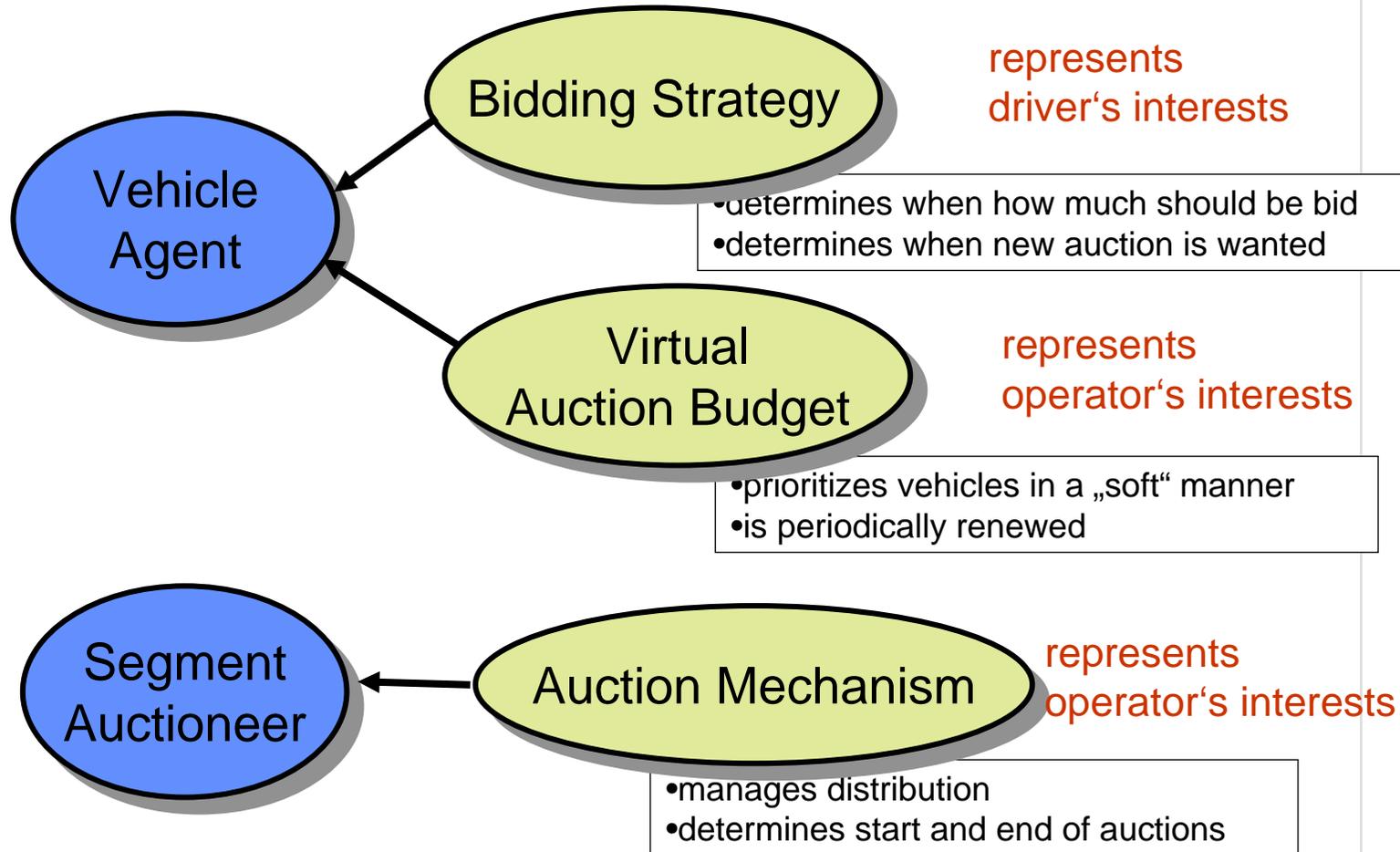
Road Pricing

Toll-free Roads

Extended Concept

Summary

Practical issues



# Market-Based Traffic Coordination

Prime Application

Road Pricing

*Basic Concept*

***Road Pricing***

*Toll-free Roads*

*Extended Concept*

*Summary*

*Practical issues*

Advantages of ABTC for Road Pricing:

- enables toll collection by supply and demand
- makes a better utilization of scarce road resources
- considers and enables individual needs of users
- supports new traffic concepts

**Ideal Application: Toll Lanes**

# Market-Based Traffic Coordination

**ABTC even works for toll-free roads !**

**Observation:**

Bidding with virtual budgets

=

Giving priorities to the roads  
using a uniform scale

ABTC may be used for toll-free roads  
with 100 % virtual budgets

**ABTC for toll roads:**

charge fee in relation  
to bids of agents

**ABTC for toll-free roads:**

assign using rights  
in relation to bids of agents  
do not collect fees for actual usage

**Problem**

Disobeying the assignments  
has no consequences for drivers

*Basic Concept*

*Road Pricing*

***Toll-free Roads***

*Extended Concept*

*Summary*

*Practical issues*

# Market-Based Traffic Coordination

**ABTC even works for toll-free roads !**

*Basic Concept*

*Road Pricing*

***Toll-free Roads***

*Extended Concept*

*Summary*

*Practical issues*

How to make it attractive for drivers  
to follow coordination assignments ?

**Basic principle of this approach**

Drivers who get a more advantageous assignment  
have to pay to  
drivers who get a less advantageous assignment

payment need not be directly from driver to driver  
payment need not involve real money

→ **ABTC for toll-free roads results in auction-based trading**

# Market-Based Traffic Coordination

## Coordination for toll-free roads: Trading

*Basic Concept*

*Road Pricing*

*Toll-free Roads*

***Extended Concept***

*Summary*

*Practical issues*

### Alternative trading principles:

- **Auction-Based Trading**

most mature (already tested by simulation)

- **Exchange-Based Trading**

enables traffic prediction on base of future intentions

# Market-Based Traffic Coordination

## Coordination for toll-free roads: Trading

### Questions:

How to make it attractive to participate in the coordination system ?

How to prevent non-participants to obtain the same benefits ?

### Answers:

provide new traffic-specific information exclusively for participants

E.g.: Use quotations in the exchange-based method for traffic predictions

Include third-party offers into subscription system

E.g.: gas stations, shops, local advertisement

*Basic Concept*

*Road Pricing*

*Toll-free Roads*

***Extended Concept***

*Summary*

*Practical issues*

# Market-Based Traffic Coordination

## Concept Summary

*Basic Concept*

*Road Pricing*

*Toll-free Roads*

*Extended Concept*

***Summary***

*Practical issues*

### Purpose of existing dynamic navigation systems

Guide driver on most convenient route to his destination  
considering the current traffic conditions

### Problem

When dynamic navigation systems enter mass market  
=> congestions shift from one road to another  
because all drivers try to escape the same way

### Conclusion

**! The penetration of any traffic advising system  
into mass market requires a coordination of users !**

# Market-Based Traffic Coordination

## Concept Summary

*Basic Concept*

*Road Pricing*

*Toll-free Roads*

*Extended Concept*

**Summary**

*Practical issues*

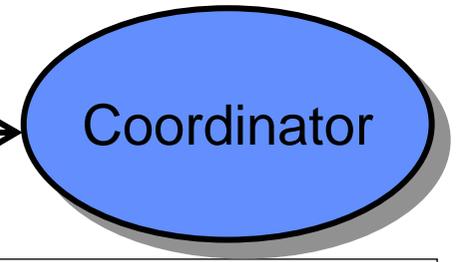
**Software architecture**

for each vehicle:



- knows individual strategies of driver
- communicates automatically with Coordinator
- may get new instructions from driver at any time

at a central platform:



- accepts queries from VDUs
- distributes using rights to VDUs
- knows current traffic situation

# Market-Based Traffic Coordination

## Distribution of software on the existing hardware

*Basic Concept*

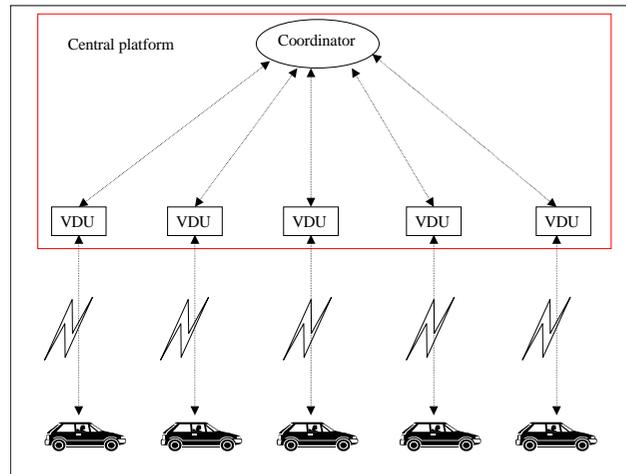
*Road Pricing*

*Toll-free Roads*

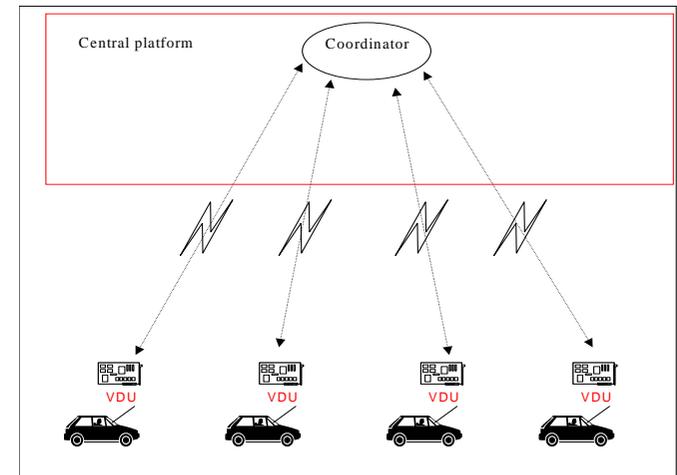
*Extended Concept*

*Summary*

***Practical issues***



**Alternative 1:  
VDUs on a central server**



**Alternative 2:  
VDUs in the vehicles**

**In any case:  
User interface for VDU in the vehicles**

# Market-Based Traffic Coordination

## Possible platform for implementation in real life:

*Basic Concept*

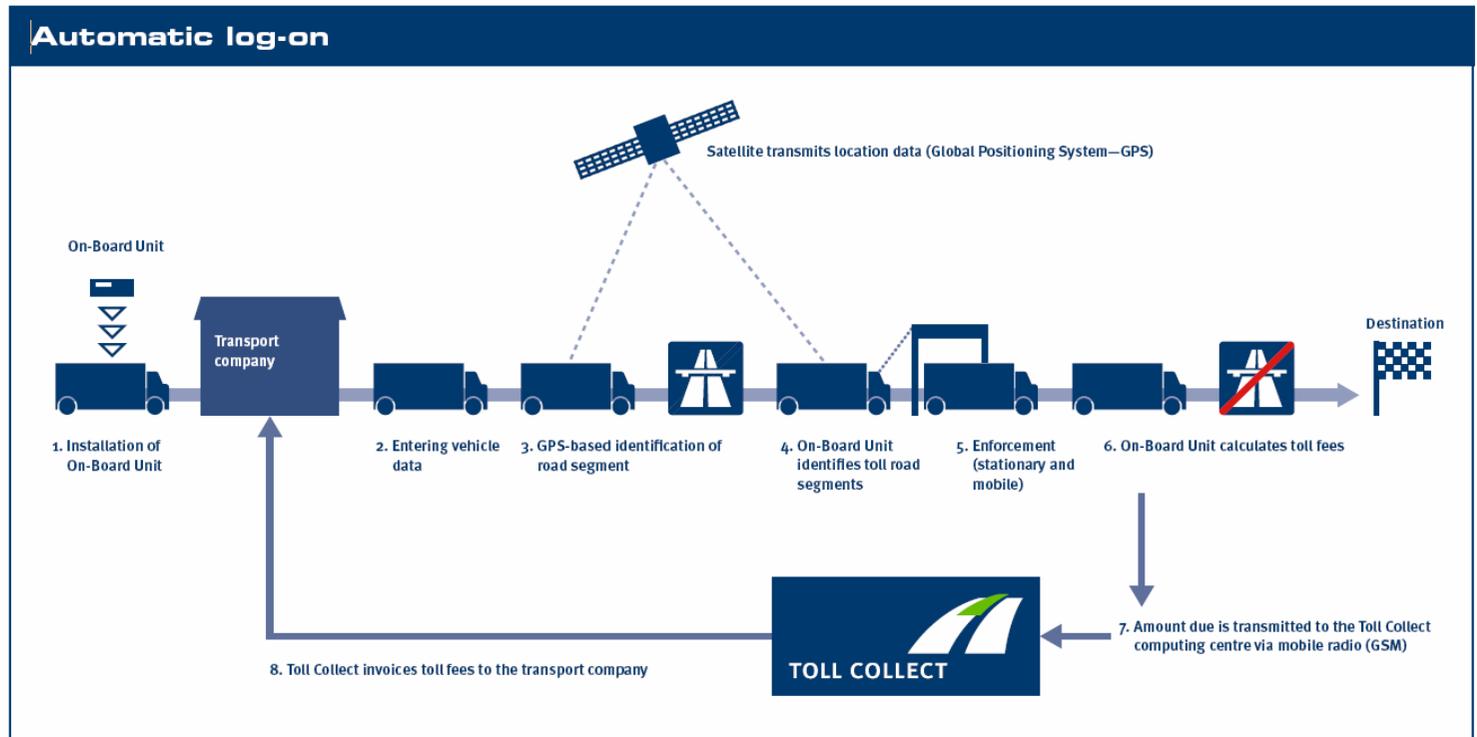
*Road Pricing*

*Toll-free Roads*

*Extended Concept*

*Summary*

***Practical issues***



***Beispiel 3:***

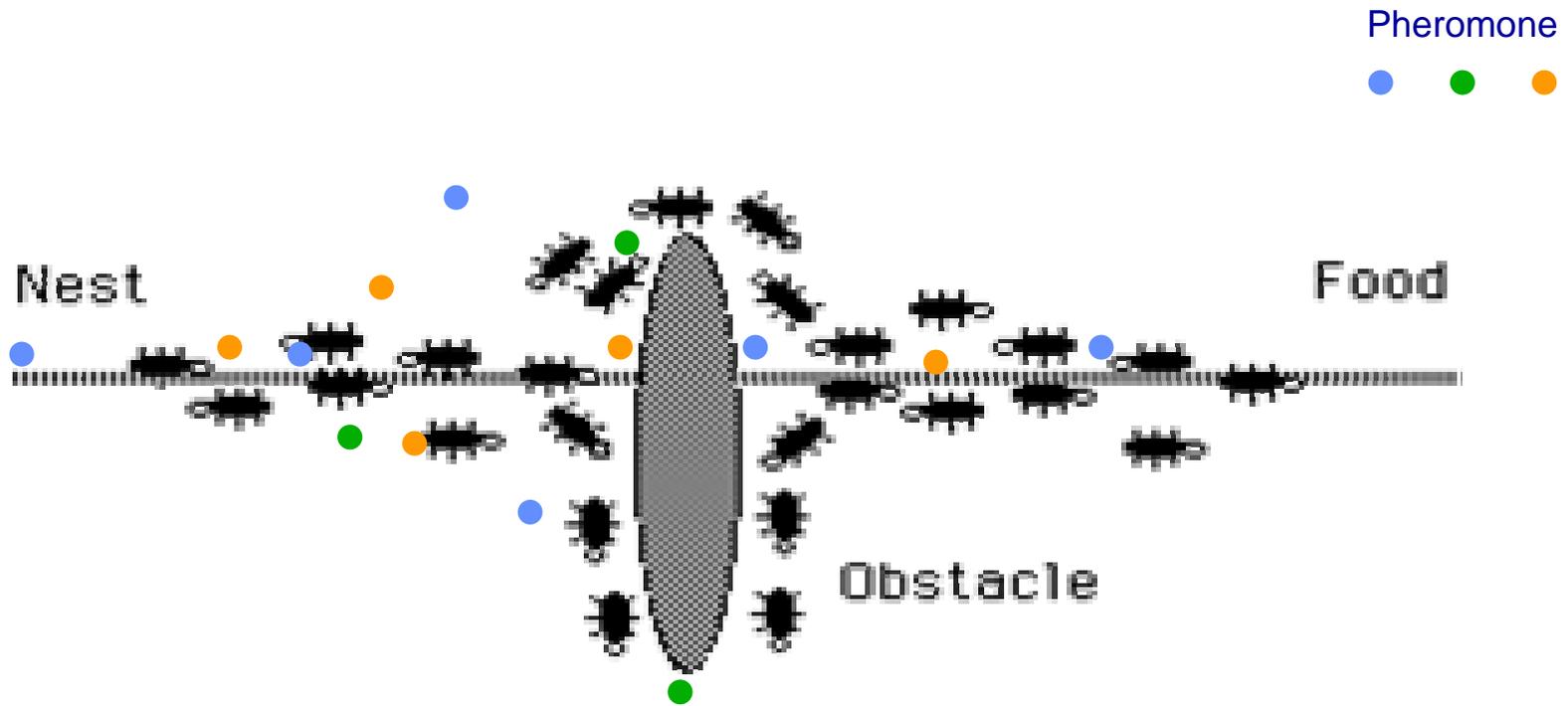
***Pheromonbasierte Verkehrsleitung***

***Forschungsstudie bei DaimlerChrysler (2001)***

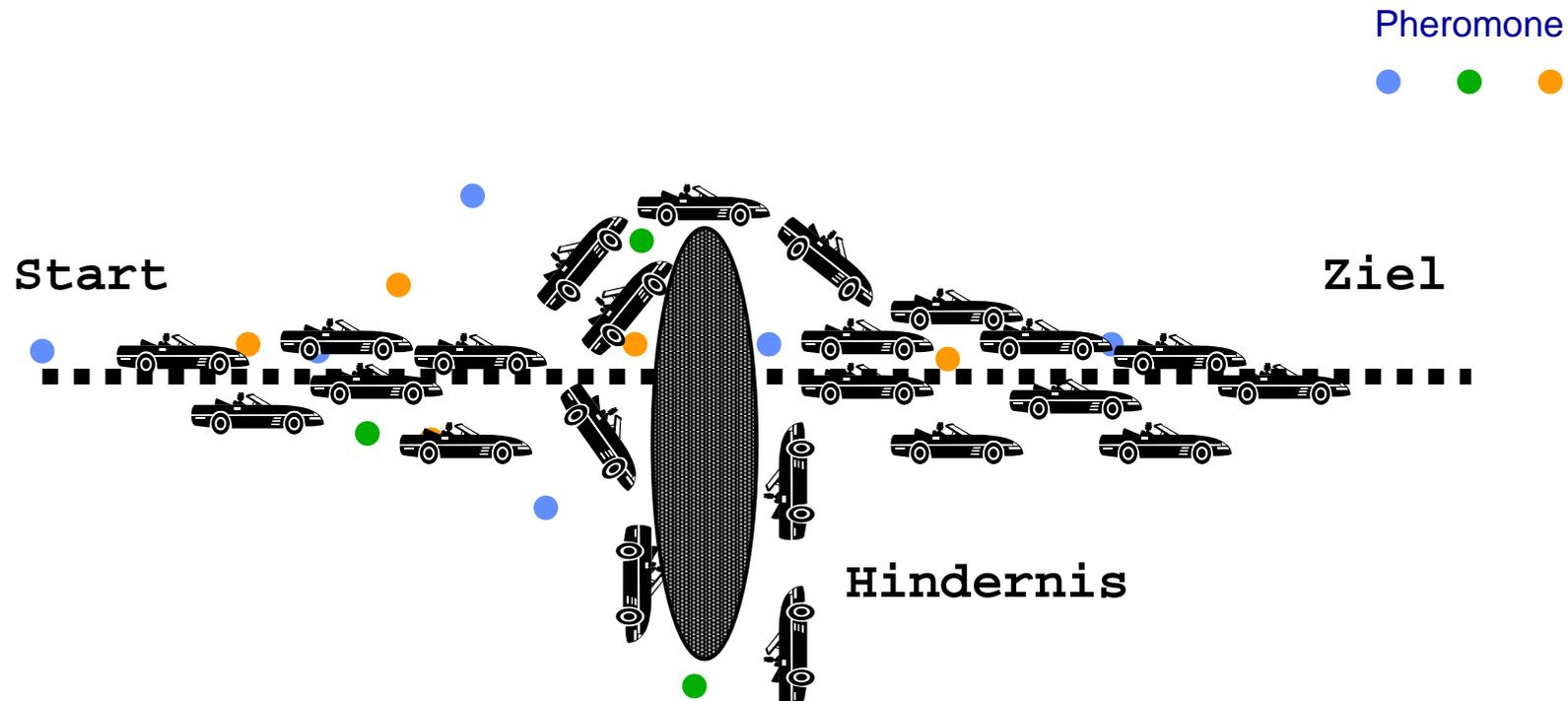
***Masterarbeiten 2006 und 2007 (noch nicht abgeschlossen)***

***Softwareprojekt 2007 (in Planung)***

# Ameisen auf Futtersuche



# Analogon: Autos auf Routensuche



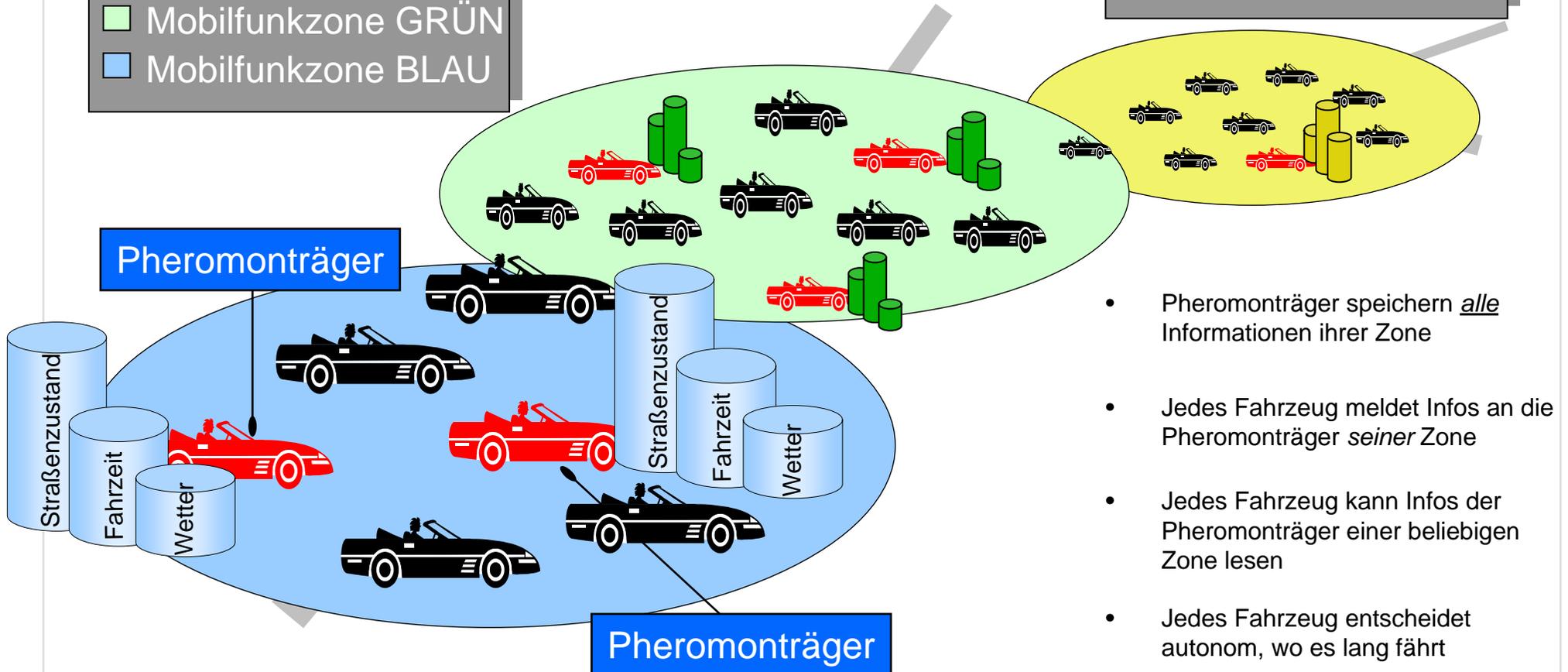
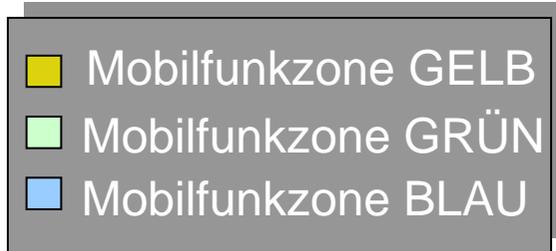
Das Verfahren wird später noch im Detail erklärt  
(*Masterarbeit von Thomas Walther, WS 2005/2006*)

# Mobile verteilte Datenhaltung

Patentanmeldung DE 100 50 675 :

Verfahren zur Koordination von Transporteinheiten in einem Verkehrsnetz ohne die Notwendigkeit stationärer Datenhaltung

Masterarbeit von Michael Suthe, SS 2007, noch nicht abgeschlossen



## ***Beispiel 4:***

# ***Verteiltes Touristeninformationssystem***

***Forschungsprojekt bei DaimlerChrysler (2000-2002)***

***Patent DE 100 55 678, EP 0112560, PV 2003-1512 (CZ):  
Verfahren zur schnellen und kostengünstigen Verfügungsstellung  
von relevanten Informationen für Reisende***

***Softwareprojekte, WS 2006/ 2007***

# Verteiltes Touristeninformationssystem

## Szenario

- Tourist will eine Stadt besuchen und informiert sich über die Gelegenheiten, die er sinnvollerweise in dieser Stadt wahrnehmen sollte
- Tourist hat außerdem geschäftliche oder persönliche Randbedingungen (Termine)
- Tourist erstellt vor der Reise eine Tagesablaufsplanung am PC (über das Internet)
- Tourist bucht Veranstaltungen und reserviert Plätze
- Tourist wird bei seiner Reise von einem mobilen Gerät (PDA) unterstützt

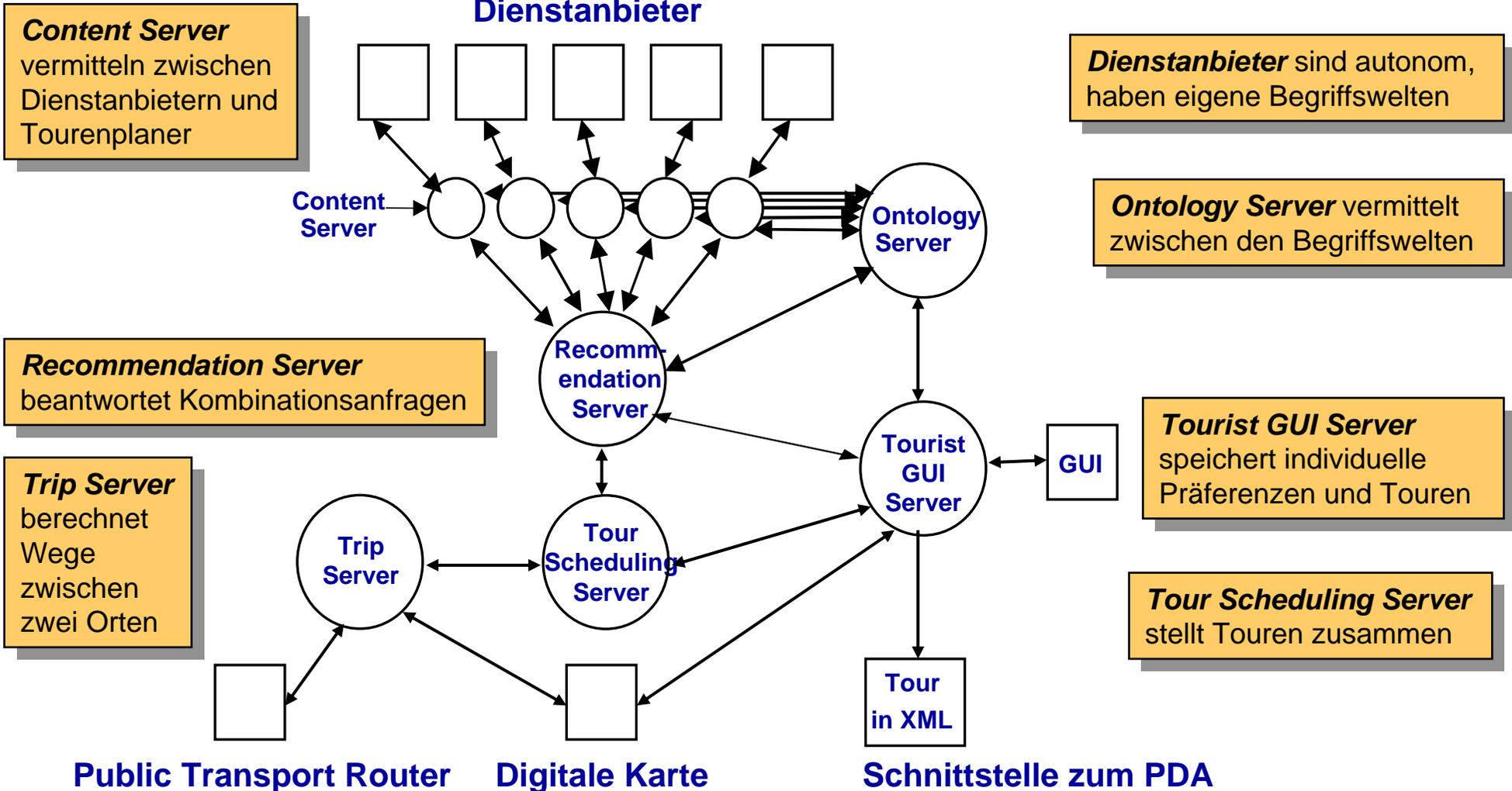
# Verteiltes Touristeninformationssystem

## Forderungen:

- Tourist hat die endgültige Kontrolle
- Dienstanbieter ist autonom und trägt die Verantwortung für die Informationen
- Unabhängiges Makeln zwischen verschiedenen Anbietern
- Flexibilität gegenüber Anforderungsänderungen, sogar während der Tour
- Fehlertoleranz gegenüber Ausfall von Dienstanbietern

# Verteiltes Touristeninformationssystem

## Architektur des Tourenplaners: Prototyp einer SOA



**Content Server**  
vermitteln zwischen  
Dienstleistern und  
Tourenplaner

**Dienstleister** sind autonom,  
haben eigene Begriffswelten

**Ontology Server** vermittelt  
zwischen den Begriffswelten

**Recommendation Server**  
beantwortet Kombinationsanfragen

**Tourist GUI Server**  
speichert individuelle  
Präferenzen und Touren

**Trip Server**  
berechnet  
Wege  
zwischen  
zwei Orten

**Tour Scheduling Server**  
stellt Touren zusammen

## **Weitere Beispiele** (in dieser Vorlesung nicht weiter behandelt):

- **World Wide Web** **Alle Daten für alle !**
- **Grid Computing** **Alle Rechner für alle !**
- **Bankkontenverwaltung** **Weltweiter Zugriff auf ein Konto**
- **Telekommunikationsanbieter** **Netz aus Vermittlungsstationen**

**Das perfekte verteilte System:**



**Wie bauen wir das nach ?**